

木质人造板剖面密度分布的意义与研究进展

吴章康¹, 周定国², 张宏健¹

(1. 西南林学院, 昆明 650224; 2. 南京林业大学, 南京 210037)

摘要: 剖面密度分布是木质人造板重要的结构特征,也是影响其物理力学性能的重要因素之一。本文论述了剖面密度分布与人造板性能的关系、影响剖面密度分布的主要工艺因素和为获得预期剖面密度分布而采用的工艺调控措施,最后综述了计算机模拟技术在木质人造板剖面密度分布研究中的应用和最新进展。

关键词: 剖面密度分布; 工艺因素; 计算机模拟技术

中图分类号: S781.2 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2001)04-0003-03

Review on Studies for Vertical Density Profile of Wood Composites

WU Zhang-kang¹, ZHOU Ding-guo², ZHANG Hong-jian¹

(1. Southwest Forestry College, Kunming 650224; 2. Nanjing Forestry University, Nanjing 210037)

Abstract: Vertical Density Profile (VDP) is an important structural characteristic of wood composites and has strong affect on panel properties. Both the main process variables and the technological measures that attributed to VDP forming were discussed. A review on the application of computer modeling for vertical density profile was also presented.

Key words: Vertical density profile; Process variables; Computer Modeling

剖面密度分布 (Vertical Density Profile, 简称 VDP 或 Vertical Density Distribution, 简称 VDD) 也称剖面密度梯度 (Vertical Density Gradient, 简称 VDG), 是指木质人造板在厚度方向上的密度变化, 通常沿厚度中心线呈几何对称, 表层密度高, 芯层密度低, 密度峰值离板材表面有一定距离。

早在四十多年前, Strickler 和 Plath 等^[1]就注意到刨花板的 VDP, 并详细分析了热压过程中板坯温度、含水率的分布及变化与 VDP 的关系; 随后, Suchsland 和 Germer 等^[3]又进一步在 VDP 与板材性能关系的基础上, 探讨了 VDP 的成因和调控措施^[1,2]。80 年代以后, 由于射线测量技术日益成熟和计算机模拟技术的应用, VDP 特征和形成机理的研究取得了较大进展。Winistorfer 和 Suo 等^[4-6]人都曾应用计算机模拟技术对于 VDP 形成过程进行了计算机模拟, 其结果与实测数据之间具有较高的拟合度。同时, 由于连续式热压机的应用, 质量控制的经济意义更加

突出, 促进了 VDP 实时在线无损检测技术的发展, 使人造板产品的质量控制在前所未有的水平。

1 VDP 与人造板性能的关系

在板的平均密度不变的条件下, 表层密度增大, 芯层密度下降, VDP 曲线变得陡峭。这时, 表芯层密度差增大, 板的刚度和静曲强度提高, 内结合强度降低, 边部握钉力减小。如果表芯层密度差减小, VDP 曲线趋于平缓, 则各项强度性能的变化情况正好相反^[3,7,8]。因为板材在弯曲状态下的应力分布由表及里逐渐减小, 表层承受的应力最大; 而内结合强度取决于板材内部的最薄弱处, 因而芯层密度减低, 削弱了内结合强度。但如果芯层密度过低, 芯层剪切破坏先于表层破坏, 则表层密度的提高并不能增大静曲强度。对于低密度或超低密度的人造板这一点甚为明显^[2]。由此可见, 应根据板材的具体使用要求合理安排, 以获得预期的 VDP, 进而调控产品性能。如作为家具用材的中密度纤维板, 在平均密度不变时, 如果表芯层密度差大, 表层密度高, 则使得板材具有很高的静曲强度, 同时也具有很好的外观质量和二次加工

收稿日期: 2000-11-07

第一作者: 吴章康 (1967-), 男, 西南林学院副教授, 南京林业大学博士研究生。

性能,如便于涂饰、贴面等加工;相反,如果表芯层密度均匀,虽然静曲强度有所降低,但可以提高内结合强度,增强握钉力,而且机械加工性能好^[9]。

近年来,随着射线无损测量技术的改进,对于VDP特征和产品性能关系的研究由定性表述向定量化发展。Xu^[10]等人曾采用傅立叶函数定量表述VDP,然后利用层弹性模量-层密度的经验公式和层合理理论推导出VDP与弹性模量(MOE)之间的关系式。理论分析的结果表明,表层密度的增大有利于MOE的增强,MOE与密度峰值(Peak Density)的增加呈线性关系,但密度峰值位于板材表层时,MOE不会达到最大。

2 影响VDP的工艺因素及其调控

VDP形成于热压过程中,是热压温度、水分和压力综合交互作用的结果。从本质上看,VDP的形成取决于三个方面:木材原料特性,板坯特性和热压工艺。

2.1 树种和刨花形态

不同树种木材的传热、传质和不同热质条件下应力应变特性均存在差别,不过在板坯组成单元尺寸较小的情况下(细小刨花或木材纤维),树种的影响相对较弱。板坯组成单元的尺寸形态直接影响板坯的传质传热特性。例如,与普通刨花板和中密度纤维板相比,大片刨花板由于刨花几何尺寸对于板坯边部蒸汽排放所产生的作用,蒸汽排放缓慢,需要较长的热压时间,导致最终的VDP曲线相对平缓^[1]。

2.2 板坯含水率及其分布

板坯含水率和板坯表芯层含水率差异都影响到板的VDP^[1,3,8]。如果表层含水率高,芯层含水率低,那么热压时板坯表层材料塑性好,易于压缩,芯层材料塑性差,反弹力大,难于压缩,结果表芯层密度差加大,VDP曲线相对陡峭。

2.3 热压温度

压板温度是决定板坯内部温度分布的主要初始条件,对VDP有显著影响。高频预热和喷蒸工艺的主要目的是缩短热压时间,同时改变板坯内部温度分布,从而影响VDP的工艺措施^[3,8]。高频预热工艺,提高了芯层热压时的起始温度,降低了表芯层温度梯度,使得板的VDP趋向均匀。喷蒸热压工艺是在热压过程中向板坯内喷射蒸汽,迅速提高芯层温度,增大芯层材料的可塑性,因而获得较高的芯层密度,同样使VDP趋向均匀。

2.4 压机闭合速度

压机闭合速度快,表芯层密度差增大,有利于提

高板子刚度和静曲强度;反之表芯层密度差小,有利于提高内结合强度和边部握钉力^[3,8]。闭合速度过快,表芯层密度差过大,就会发生前述的芯层剪切破坏先于表层拉伸或压缩破坏,达不到提高静曲强度的目的;相反,如果闭合速度过慢,使板坯表层的刨花处于所谓“受热不受压”的状态时间延长,结果表层的预固化层厚度加大,增加了后序砂光处理的材料和能源消耗,导致生产成本增加;同时由于延长了热压周期(工厂的设计生产能力主要取决于热压机),使生产能力降低。在依靠厚度规控制板厚的传统热压机上,调节压机闭合速度是热压工艺中调整VDP的一种较易于实现的工艺措施,因而倍受关注;对于实现位置控制的压机系统,可以将闭合速度作为独立参数进行调节;目前较广泛应用的连续式压机,则采用压力、温度和位置的分段控制方式,可更加灵活方便地安排热压工艺和调整VDP。王凤鸣^[9]在Motala连续热压机上的试验结果表明,合理安排压力、位置和时间参数,可得到多种不同形状的VDP分布曲线,从而有效地调控产品的物理力学性能,以满足不同用途的要求。

2.5 板材的目标密度与厚度

板的目标密度增大,被加热的刨花量增多,导致芯层温度上升缓慢,进而影响VDP;板的厚度增加也将引起表芯层密度差加大,因为板坯厚度大,芯层温度上升滞后于表层温度上升的幅度加大^[5]。

总的说来,在众多工艺因素中,板坯内部含水率与温度及其分布是影响VDP的最关键因素,热压机闭合速度和热压温度也与VDP关系密切,树种和刨花形态等其它因素的影响在一定条件下也不能忽视。

3 计算机模拟技术的应用

剖面密度分布是特定的材料环境中,由一系列参量交互作用的结果。计算机模拟技术正适合于模拟这样的动态体系,实现对于VDP的预测,进而调控产品性能,既方便快捷,又可以节省大量的生产调试费用,具有显著的经济意义。

Harless^[2]等人曾将人造板假定为多层结构,利用热传导(Siau 1971)和板坯压缩特性建立了VDP计算机模拟模型,输入参数包括热压工艺参数(压板温度、闭合时间等)、板坯特性(木材原料密度、初始板坯温度和含水率)以及板的厚度和目标密度等,输出则为人造板热压过程中的层温度、层含水率、层密度的动态变化特性,VDP的最终结果既可显示在计算机屏幕上,也可打印出来。Suo^[4]等人在木质材料传质传热理论(Siau 1984)基础上,采用差分法或交替通

近法建立了人造板热压过程中温度分布、水分分布和板坯压缩时应力应变关系的本构方程,从而推导出VDP表达式。模拟结果可以用图形或数据显示包括层温度、层含水率和层密度的动态变化过程。把计算机模拟结果和花旗松大片刨花板的实际试验数据进行对比,验证了模拟结果的可信度。

但迄今为止的各种VDP模拟模型还远不够完善,这不仅因为影响VDP的工艺因素众多且交互作用错综复杂,而且因为VDP的形成过程也相当复杂。比如,建立上述模型的一个主要前提是假定VDP形成决定于热压机闭合前的状态,即认为在压机闭合后,VDP不再发生变化。而Winistorfer^[11]和王思群^[12]等人最近在测量热压过程中定向结构板板坯密度变化时发现,VDP的变化不仅发生在压机闭合过程中,而且延续到压机闭合之后。另外,连续热压机分段式工艺过程的模拟则使问题更加复杂化。只有在洞悉VDP形成机理和科学量化各项工艺参数作用的基础上,才有可能建立起实用可靠的VDP计算机模拟模型。无论如何,随着VDP测量技术的改进和研究方法的创新,以及对人造板热压过程内在规律认识的深化,木质人造板VDP计算机模拟模型必将得到进一步发展和完善。

4 结语

VDP是人造板重要的结构特征和影响人造板的物理力学性能的重要因素之一。木材树种、板坯特性和热压工艺是影响VDP的主要因素。通过调控VDP可以实现对人造板性能的合理安排,满足预期使用性

能要求。随着射线无损测量技术的进步和计算机模拟技术的发展,必将促进VDP特性和形成机理研究的进一步深入,同时也为人造板企业的产品质量控制和生产成本控制提供了有力工具。

参考文献:

- [1] 周定国,等译.刨花板工艺参数与物理力学性能的关系[J].南林科技,1985.
- [2] Ee Ding Wong. Formation of the Density Profile and its Effects on the Properties of Particleboard[J]. Wood Science and Technology, 1999, 33, 327~340.
- [3] Otto Suchsland, George E Woodson. Fiberboard Manufacturing Practices in the United States[J]. Forest Products Research Society, 1990, 158~159.
- [4] Suo S. Simulation Modeling of Particleboard Density Profile [J]. Wood and Fiber Science, 1994, 26(3), 397~411.
- [5] Thomas E G Harless. A Model to Predict the Density Profile of Particleboard[J]. Wood and Fiber Science, 1987, 19(1): 81~92.
- [6] Winistorfer P M. Modeling and Comparing Vertical Density Profile[J]. Wood and Fiber Science, 1996, 28(1): 133~141.
- [7] 张宏健,赵立. PF-MDF断面密度分布特征的研究[J]. 北京林业大学学报, 1991, 13(1): 66~74.
- [8] 徐咏兰,张贵麟. 工艺因素对中密度纤维板板性的影响[J]. 林业科技开发, 1997(4): 42~44.
- [9] 王凤鸣. 中密度纤维板断面密度分布的控制[J]. 林产工业, 1996, 23(4): 27~32.
- [10] Wei Xu. Influence of Vertical Density Distribution on Bending Modulus of Elasticity of Wood Composites Panels; a Theoretical Consideration[J]. Wood and Fiber Science, 1999, 31(3): 277~282.
- [11] Winistorfer P M. Fundamentals of Vertical Density Profile Formation in Wood Composites. Part I. In-situ Density Measurement of the Consolidation Process[J]. Wood and Fiber Science, 2000, 32(2): 209~219.
- [12] Wang Sigun, Winistorfer P M. Fundamentals of Vertical Density Profile Formation in Wood Composites. Part I. Methodology of Vertical Density Formation under Dynamic Conditions [J]. Wood and Fiber Science, 2000, 32(2): 220~238.

会议通知

由南京林业大学木材工业学院、加拿大国家林产工业研究所、加拿大阿尔伯塔国家研究所和日本京都大学木材研究所联合主办的“农作物秸秆、林业剩余物及竹材资源利用国际研讨会”将于2001年10月31日~11月3日在南林大厦召开。

会议宗旨:农作物秸秆及林业剩余物资源(包括竹材)综合利用技术及前景展望

主要内容: ◆产品制造技术 ◆粘剂技术 ◆产品性能及应用技术

会议将以学术报告、论文张贴、研究讨论以及产品展示等形式进行。会议期间还将组织参观江苏省农作物秸秆及林业剩余物资源加工企业(2001年11月2~3日)。

诚邀各界科研人员、设备制造商、产品制造商以及广大用户届时参加!

参加会议报名日期:2001年9月30日前

论文摘要截止:2001年7月30日前(注:中、英文) 论文截止:2001年8月15日前(注:中、英文)

联系人:梅长彤博士,周晓燕博士

地址:210037,南京林业大学木材工业学院

电话:025-5427519

传真:025-5427517 或 025-5406253

E-mail: zdg.osb@public1.ptt.js.cn